



IMPLEMENTACIÓN DE UN EQUIPO INTEGRAL MECÁNICO Y CON MANDOS ELECTRÓNICOS PARA CONTROLAR EL PESO, REALIZAR UNA MEZCLA HOMOGÉNEA Y DOSIFICAR EL ALIMENTO BALANCEADO PARA ANIMALES BOVINOS

Cristian Martín Larrota Regueros, Arly Darío Rincón Quintero, Carlos Mario Bautista Becerra

**Unidades Tecnológicas de Santander
Bucaramanga, Colombia**

Hiromitsu Shirai

**Agencia de Cooperación Internacional del Japón
Japón**

Resumen

El desarrollo tecnológico innovador de este equipo integral, surge de la necesidad de la industria bovina en la región de Santander (Colombia) en pro de mejorar y optimizar el proceso de alimentación balanceada del ganado vacuno; para esto se requiere la implementación de un sistema de automatización de las actividades ganaderas, que mejoren la competitividad del sector en todo el departamento y el centro oriente colombiano.

El trabajo se centra en un equipo agrícola mecánico y con mandos electrónicos, compacto y versátil, capaz de realizar varias funciones, acoplado a un mini-tractor de 24 hp que le provee la potencia mecánica y energética que requiere para controlar el peso de los componentes alimenticios, realizar una mezcla homogénea de los mismos y posteriormente el operario desde el tractor dosifique (controle la abertura de la compuerta de descarga mediante un sistema electrónico de eleva vidrios) la ración diaria del alimento balanceado planeada y ejecutada por un experto.

La metodología consta de cuatro etapas; en la primera se definen parámetros tales como: caracterización del alimento, dimensionamiento según la capacidad que se

requiera y la potencia entregada por el tractor. Seguidamente, aplicando inventiva y creatividad, se realizan bosquejos preliminares, se llevan a una maqueta y posteriormente se modela en el software CAD (Computer Aided Design) SolidWorks hasta obtener el resultado esperado. Teniendo el diseño dimensionado y caracterizado, se procede a su construcción e implementación final.

Finalmente se proyecta un equipo integral que consta de dos llantas de tracción trasera, celdas para el control de peso adheridas al chasis, un depósito (en acero inoxidable) basculante, un mezclador de hélices helicoidales y una compuerta de descarga controlada por un sistema de servomotor (alimentación eléctrica desde el tractor).

Palabras clave: hélices helicoidales; dosificación; mezcla homogénea

Abstract

The innovative technological development of this integral team, comes up from the need of bovine industry in Santander region (Colombia) in pro to improve and optimize the balanced feeding process of the cattle; for this, the implementation of an automatization system of the livestock activities is required, which improves the sector competitiveness in all the department and Colombian center east.

The paperwork is focused in an agricultural team, mechanic and with electronic controls, compact and versatile, capable of making several functions, hitched to a small tractor of 24 hp that provides the mechanic and energetic potency to control the feeding component's weight to make a homogenous mixture of them and afterwards an operator from the truck rations up. (controls the opening discharge gate by means of an electronic glass lifting system) the daily ration of balanced food planned and executed by an expert.

The methodology consist of four stages; in the first one parameters are defined, such as: characterization of the food, dimensioning according to the capacity required and the power delivered by the tractor. Followed by that, applying inventive and creativity, preliminary sketches are made, they are taken to a model, and then modeled in CAD (Computer Aided Design) SolidWorks software until the expected result is obtained. Having the design dimensioned and characterized, it is proceeded to construction and final implementation.

Finally, an integral equipment is projected, consisting of two rear-wheel rims, weight control cells attached to the chassis, a tilting stainless steel tank, a helical propeller mixer and a discharge gate controlled by a servomotor system (Power from the tractor).

Keywords: helical propellers; ration; homogenous mixture

1. Introducción

Debido a la importancia y al crecimiento de la industria ganadera en Santander y ser el quinto (5) departamento de Colombia en la producción, comercialización y exportación de la industria bovina, se ve la necesidad de optimizar la producción de animales y sus derivados con el propósito de obtener mejores ganancias y mejorar la calidad del sector en la región (Acebedo, 2016).

Los campesinos encargados de las fincas ganaderas en este caso de la alimentación, utilizan actualmente procesos tradicionales y artesanales al momento de dosificar, mezclar y controlar las raciones de alimento de los bovinos, así mismo, no llevan documentado el proceso de alimentación balanceada en la dieta diaria.

Las ventajas de la implementación de un equipo integral que ayude al pequeño, mediano y grande productor, son la calidad del producto al final obtenido; con desarrollo tecnológico innovador capaz de:

- Racionar y controlar el peso de los distintos complementos alimenticios de acuerdo a la dieta establecida.
- Realiza una mezcla homogénea utilizando una tecnología de hélices helicoidales.
- Dosificar el alimento balanceado de los bovinos de forma adecuada y eficiente, controlando la cantidad precisa in situ.

Lo anterior busca un beneficio económico, garantizando la efectividad desde el inicio hasta el fin del proceso de alimentación referente a la dieta balanceada de los bovinos. Este trabajo contribuye al proyecto **“Implementación de un sistema de automatización de las actividades ganaderas para mejorar la competitividad del sector en todo el departamento, Santander, centro oriente”** que lidera la oficina de investigaciones de las UTS y es financiado por el sistema de regalías del gobierno nacional, además de la colaboración de la embajada de Japón con el voluntario Hirimitsu Shirai, quien apoya el proceso de innovación tecnológica.

2. Contexto sobre ganadería en Colombia

La ganadería en Colombia es una actividad económica importante, pero con una historia poco conocida; entre 1850 y 1950 surgió un desarrollo en el sector pecuario. En 1938 se desarrolla un análisis comparativo con las demás industrias (café, arroz, maíz y papa) y se observa que el valor por cabeza de ganado es alrededor de 3 veces mayor. La economía ganadera ocupa un lugar destacado, probablemente el primero dentro de las actividades económicas del país. A finales del siglo XIX fue el motor de desarrollo económico más importante de Colombia, se invirtió mucho dinero para la expansión y la unión a los principales circuitos comerciales y políticos, jugando un papel importante para bien o para mal en el desarrollo del país.

Gracias a la importancia que se dio a la industria ganadera en el país, los colombianos comenzaron a consumir más carne de res, como fuente de proteína, por encima de la carne de cerdo, la cual estaba relacionada a los altos costos del maíz y la disponibilidad de pastos para el engorde de los porcinos. Aunque la carne de res fuese el principal producto que se obtenía del ganado, los productos lácteos se incorporaban significativamente. La relación entre tierra y ganado, el pasto según un censo realizado en 1960 ocupa el 53% de la tierra del país, comparada con un 18% destinado a la agricultura. La ubicación del ganado en tierras abundantes de pasto y tierra fértiles generó el desplazamiento de los campesinos cultivadores agrícolas a laderas marginales y frágiles. Sin importar desde que punto de vista se mire Colombia es una tierra permeada por el pasto y el ganado (Van, 2009).

2.1. Alimentación tradicional bovina

La práctica del pastoreo es una práctica ancestral, nació desde el primer momento que Dios creó el ganado y dio como alimento las pasturas, para luego designar como pastor a “Adán” para cuidar sus rebaños.

Con el pastoreo extensivo a mediados del siglo XIX, nace una nueva práctica ganadera, pero ocupaba grandes extensiones de tierra, cercando la finca¹ como un único potrero, donde los animales se alimentaban sin ningún control. Se intentaba utilizar la cerca como un instrumento para controlar el pastoreo, pero debido a que no había un proceso de nueva siembra de forraje no fue útil, entonces se le permitía al ganado estar pastoreando por lo largo y ancho de las fincas, las pasturas nunca tenían descanso, pero eso lo compensaba en la baja carga animal que se permitía, menos de una cabeza por Ha de superficie de pastoreo, el pasto se recuperaba lentamente y nunca alcanzaba una alta producción (Cingolani, et al., 2008).

En el siglo XX para alimentar los bovinos nace un método de “rotación de potreros” consiste en dejar descansar las pasturas para permitir su adecuada recuperación, en calidad como en cantidad, este método de rotar potreros no significa que se esté realizando un pastoreo racional (Cingolani, et al., 2008).

Con distintos métodos de alimentación, se comienza a practicar el “pastoreo alterno” en un intento de copiar las técnicas de los ganaderos norteamericanos, consiste en mantener la finca dividida en dos partes, todo el ganado lo llevan a una parte de la finca para su alimentación mientras tanto la otra parte de la finca descansa y crecen sus pastos. Luego el ganado es llevado a la parte de la finca que no ha sido tocada, de este modo el ganado parte de un lado a otro, “alternando”. Esto generó varios problemas, los números de los bovinos era bastante elevado y concentrado en solo una parte de la finca, el pasto que consumían para su alimentación cada vez era más joven, lo cual causó enfermedades digestivas a el ganado, o aun, intoxicaciones por acumulación de nitritos y nitratos, que son formas amoniacales del nitrógeno que aun la planta no ha

¹ La finca representa el bien inmueble por excelencia: la tierra. Ha tenido una gran importancia desde la antigüedad por su relevancia económica en las épocas previas a la industrialización, siendo el símbolo de riqueza y prosperidad. Por ello, la regulación de los bienes inmuebles ha sido muy extensa desde épocas muy antiguas. <http://www.boletinagrario.com/ap-6.finca.404.html>

convertido en nitrógeno mineral, para que pueda hacer metabolizado por el organismo y convertirlo en proteína. Se logra concluir basado en cifras y hechos reales que cualquier método utilizado por la ganadería en pastoreo rotacional o en franjeo (partir o dividir), no logran ser eficaces por el contrario día a día se hace de la ganadería más costosa y menos rentable. (Rúa, 2009)

2.2. La actualidad de la ganadería colombiana

El sector agropecuario colombiano representa el 88% de la superficie agropecuaria nacional, demostrando que es un sector de vital importancia en la economía del país, es considerado un sector estratégico en la generación de empleos directos e indirectos (Garzón, 2014).

Es de resaltar que las opciones para mejorar la rentabilidad y productividad están diseñadas y beneficiando solo a las grandes ganaderías que cuentan con el respaldo para realizar créditos y mejorar los planes asociados con proyectos innovadores en tecnología, teniendo una alta participación en el mercado, factor contrario viven los pequeños productores que no cuentan con el respaldo suficiente para acceder a créditos que permitían aumentar la calidad y cantidad en sus procesos agropecuarios. Los indicadores de productividad son reflejo del bajo nivel tecnológico.

Sin embargo, existen 2 tipos de explotación ganadera,

- Ganadera extensiva: conocida como ganadería tradicional, cuentan con grandes terrenos y pocos animales "bovinos" alimentándose directamente de los recursos del terreno y sin ninguno tipo de cerca en todo el potrero.
- Ganadera intensiva: se tiene el ganado en un espacio determinado (establos), controlan la cantidad de alimento, tienen una dieta estipulada y monitorean la ganancia de peso, logrando así controlar la homogeneidad de todos los animales, que posteriormente saldrán al mercado con características similares de kilaje y contextura que hacen de un lote de ganado atractivo al cliente final.

Según lo anterior, la ganadería extensiva es la más implementada por los ganaderos colombianos. Esto se debe al poco conocimiento de las técnicas intensivas y a la falta de políticas estatales que apoyen financieramente proyectos productivos, que demandan una mayor infraestructura y mano de obra especializada. Los grandes ganaderos "terratinentes" poseen cantidades extensas de tierra con animales rústicos, no seleccionados y solo cumplen una rotación de los bovinos entre lotes según la disponibilidad de pasto. Normalmente cuando los animales cumplen con un peso de 450 kg aproximadamente, salen a la venta. Actualmente se tienen bovinos con diferentes características: cría doble propósito, de leche y de ceba. (Garzón, 2014).

2.3. Alimentación con procesos tecnificados

En los últimos años de la ganadería en Colombia, se comienza a implementar otras formas de alimentación, buscando un aprovechamiento mayor en bovinos que se destinan a ganado cárnico, lechero y con doble propósito (Uribe, et al., 2011)

Sistema de estabulación: consiste en mantener los bovinos en una instalación para que allí transcurra casi toda su vida, para llevar a cabo este sistema se manejan tres (3) variables, variabilidad del consumo de materia seca, se tiene en cuenta la etapa productiva, se establece si son terneros, animales para sacrificio o vacas de ordeño teniendo claro esto, se define el consumo y las cantidades, el consumo es variable de acuerdo a la cantidad de alimento y se tienen en cuenta el clima donde están expuestos los bovinos, todos los alimento que consuman sin agua se calcula como materia seca, se debe valorar y mantener el consumo, tratando de disminuir la variabilidad, si se quiere que las vacas produzcan en litros de leche se hace necesario que la vaca consuma más (Arronis, 2014).

Rutina de aumentación y confort: los corrales deben manejar un mínimo de comodidad se deben instaurar un piso blando y seco (con paja o aserrín) nunca con cemento, como los animales están en una instalación y se encuentran confinados, se tienen en cuenta factores como: humedad y ventilación y se calcula el área ocupado por cada animal, de esta manera se ofrece mejor bienestar y se logra el objetivo, que busca aumentar la producción.

Elección del sistema: se tienen en cuenta los dos tipos de sistema estabulación completa donde los bovinos están en los corrales la mayor parte de su vida y es alimentando con concentrados, y **semi-estabulación** donde hay una combinación entre confinamiento y pastoreo. (Anon., 2016).

Sistema silvopastoril intensivo, se desarrolla un arreglo agroforestal combinando el cultivo agroecológico de arbustos forrajeros en alta densidad (mayor a 8.000 por Ha), se asocian a pasturas tropicales mejoradas, al cultivo de árboles maderables o frutales, para el autoconsumo y proteger la biodiversidad. Se requiere buen suministro de agua y sal mineralizada, se delimitan los potreros con cercas sin ir a perjudicar los bovinos. Con este sistema implementado se incrementa y se mantiene la producción de biomasa forrajera, se dejan descansar las pasturas y se mantiene agua fresca en cada parte. (Anon., 2013).

3. Metodología del proyecto

El proyecto consta de cuatro (4) etapas, dentro de cada una de ellas se encuentran una serie de actividades las cuales llevan a desarrollar la etapa, a continuación, se hace una explicación de cada una de ellas:

Etapa 1: Diseñar el mecanismo del equipo capaz de controlar el peso, realizar una mezcla homogénea y dosificar el alimento balanceado para animales bovinos de acuerdo a parámetros establecidos.

- Actividad 1: Investigación sobre ganadería intensiva, sistemas de automatización de las actividades ganaderas y los implementos agrícolas usados.

En esta actividad se investiga acerca de la temática planteada.

- Actividad 2: Realizar una maqueta de un equipo integral que realice funciones como: control del peso de los componentes alimenticios antes del mezclado, mezclado homogéneo y dosificación in situ, aplicando inventiva y creatividad:

Se construye una maqueta en material a base de cartón, donde se pueda comprobar de forma física las 3 funciones que se pretenden alcanzar con un solo equipo integral, para esto se necesita capacidad inventiva y creatividad de los investigadores para lograr este desarrollo tecnológico innovador.

- Actividad 3: Analizar la cinemática de los mecanismos del equipo integral simulando el funcionamiento y los esfuerzos estructurales producidos, apoyado en el Software CAD SolidWorks. Generar los planos finales:

Se modela en SolidWorks el equipo integral planteado, de acuerdo a parámetros de capacidad volumétrica, rpm máximas a emplear en el mezclador y otros factores.

Eta 2: Desarrollar (construcción) los componentes y mecanismos del equipo, ensamblando sus partes y tomando la potencia de entrada de un mini tractor de 24 hp.

- Actividad 1: Cotización y compra de materiales para la construcción basada en los planos de SolidWorks:

Se realiza visitas a diferentes entidades comerciales dedicadas a la venta de materiales en acero inoxidable y otros, para comparar los precios y comprar los materiales necesarios.

- Actividad 2: Fabricación de piezas, componentes y armado del equipo integral completo:

En esa actividad se procederá a fabricar las diferentes piezas anteriormente diseñadas, como el fin de ensamblarlas en un solo cuerpo estructural.

- Actividad 3: Pruebas preliminares de soldadura, ensamble y rodamientos:

Se realiza la inspección de soldaduras, rodamientos y ensambles del cuerpo estructural del equipo. También se realizan las pruebas del sistema electrónico de mando para la compuerta de descarga.

Eta 3: Acople del equipo integral a la toma fuerza del mini tractor y el sistema de mandos electrónicos de la compuerta de descarga:

- Actividad 1: Acople del equipo integral previamente ensamblado y terminado mediante un cardan que recibe la potencia del mini tractor desde la toma fuerza del mismo hasta un reductor de rpm ubicado en el chasis:

Se acopla el equipo al mini tractor por medio del cardan diseñado y construido.

- Actividad 2: Pruebas de funcionamiento del equipo y del mezclador de hélices helicoidales, verificando las RPM requeridas en el mezclado, así como también del sistema electrónico de la compuerta de descarga:

Se realizan diferentes pruebas con el fin de garantizar los diferentes acoples que se le hagan al sistema electrónico y mecánico.

Etapa 4: Realizar el informe final, el manual de operación y el manual de mantenimiento del equipo integral:

- Actividad 1: Establecer un manual de operación y mantenimiento bajo normas de seguridad:

Se realiza el manual de operación del equipo y su respectivo manual de operación que garanticen el correcto funcionamiento del mismo y la seguridad del operario y las máquinas.

- Actividad 2: Producir el informe final y un artículo científico:

Se produce el informe final con los aspectos generales y los detalles especificados de forma minuciosa para el mejor entendimiento del mismo, y aportar a la producción de un artículo científico con los avances y demandas que se tienen hasta el momento acerca de un implemento integral que controle el peso, realice una mezcla homogénea y dosifique el alimento balanceado para animales bovinos.

4. Avance del trabajo en la actualidad

En el desarrollo del proyecto se ha logrado completar la primera etapa de diseño del mecanismo del equipo capaz de controlar el peso, realizar una mezcla homogénea y dosificar el alimento balanceado para animales bovinos de acuerdo a parámetros establecidos.

Con esto al terminar las actividades 1, 2 y 3 se obtiene como resultado los siguientes modelos.

Ilustración 1. Perfil lateral del sistema dosificador

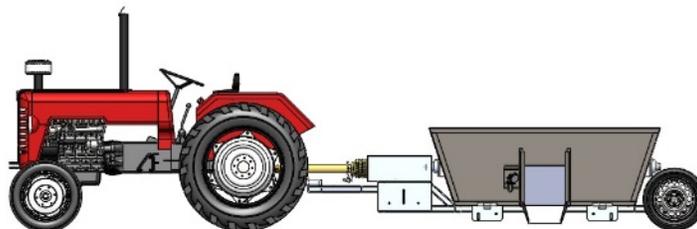


Ilustración 2. Vista isométrica

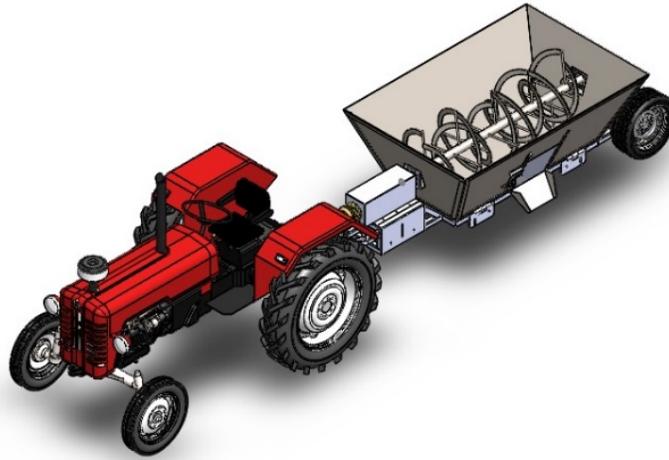
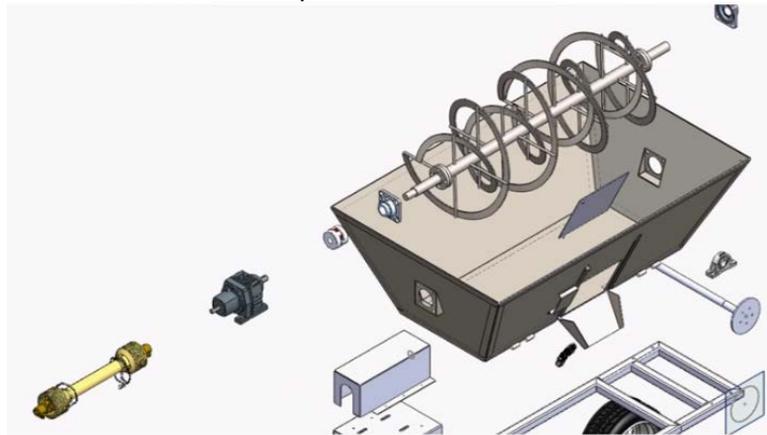


Ilustración 3. Despiece del mecanismo dosificador



5. Conclusiones

El equipo permite por medio de un sistema de sensores controlar el peso, es decir que el operario puede controlar la medida de cada componente alimenticio al ir echando al tanque (todo se construye en acero inoxidable para proceso de alimento).

La dosificación diaria debe ser planeada por el experto (veterinario), según el tipo de bovino (ganado de levante, lechero o de ceba), con esto el operario sólo debe ocuparse del proceso de entrega de alimento a los animales.

Con el anclaje al tractor se energiza el mezclador helicoidal mientras se dirige a los establos, con esto garantiza la mezcla homogénea del alimento. Como en general los comederos en los establos son largos, el operario no tiene que bajarse o parar simplemente abre la compuerta y en movimiento va distribuyendo el alimento a lo largo de los comederos.

6. Referencias

Artículos de revistas

- Cingolani, A. M., Noy-Meir, I. & Renison, D. D., 2008. La ganadería extensiva, ¿es compatible con la conservación de la biodiversidad y de los suelos? *Asociación Argentina de Ecología*, diciembre, Volumen 18, pp. 253-271.
- Van, A. S., 2009. Potreros, ganancias y poder. Una historia ambiental de la ganadería en Colombia, 1850-1950. *Scielo*, noviembre. pp. 126-149.

Libros

- Uribe, T. F. y otros, 2011. *Ganadería Colombiana Sostenible "Buenas prácticas ganaderas"*, Bogotá: s.n
- Arronis, D. V., 2014. *Recomendaciones sobre sistemas intensivos de producción de carne: estabulación, semiestabulación y suplementación estratégica en pastoreo*, s.l.: s.n.
- Garzón, C. L. J., 2014. *Enfoque financiero del sector ganadero en Colombia 2010-2014*, Bogotá: s.n.

Fuentes eléctricas

- Acebedo, S. F., 2016. *www.incoder.gov.co*. [En línea] Available at: http://www.incoder.gov.co/documentos/Estrategia%20de%20Desarrollo%20Rural/Pertiles%20Territoriales/ADR_GARCIA%20ROVIRA/Documentos%20de%20Apoyo/GANADER%3%8DA%20BOVINA.docx
- Anon., 2013. *Contexto ganadero*. [En línea] Available at: <http://www.contextoganadero.com/blog/que-es-un-sistema-silvopastoril-intensivo>
- Rúa, F. M., 2009. *www.subastaszapatoca.globered.com*. [En línea] Available at: <http://subastaszapatoca.globered.com/categoria.asp?idcat=35>

7. Sobre los autores

- **Cristian Martín Larrota** Regueros, estudiante de ingeniería electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander. Correo electrónico: selindu.sas@gmail.com
- **Arly Darío Rincón Quintero**, Ingeniero Mecánico, Especialista en Administración de la informática educativa UDES, Magíster en Eficiencia Energética UPV/EHU, Docente de carrera en categoría Asistente en las Unidades Tecnológicas de Santander. Email: arincon@correo.uts.edu.co
- **Hiromitsu Shirai**, Ingeniero Mecánico, Voluntario de la agencia Internacional de cooperación del Japón JICA. Correo electrónico: shiraihiromitsu1953@gmail.com

- **Carlos Mario Bautista Becerra**, estudiante de ingeniería electromecánica de las Unidades Tecnológicas de Santander. Correo electrónico: carlos3218137@hotmail.com

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2017 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)